ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

**Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση**

Τόμ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

## Σχεδιασμός και Υλοποίηση Διδακτικού Σεναρίου STEM με Χρήση της Συσκευής AR-Sandbox

*Γεράσιμος Κωνσταντακάτος, Αποστολία Γαλάνη, Τρύφωνας Σιβένας, Αθηνά Καρατζά, Αναστασία Γεωργίου*

doi: 10.12681/cetpe.9374

**Βιβλιογραφική αναφορά:**

Κωνσταντακάτος Γ., Γαλάνη Α., Σιβένας Τ., Καρατζά Α., & Γεωργίου Α. (2026). Σχεδιασμός και Υλοποίηση Διδακτικού Σεναρίου STEM με Χρήση της Συσκευής AR-Sandbox. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 1086–1089. https://doi.org/10.12681/cetpe.9374

# Σχεδιασμός και Υλοποίηση Διδακτικού Σεναρίου STEM με Χρήση της Συσκευής AR-Sandbox

**Γεράσιμος Κωνσταντακάτος[1], Αποστολία Γαλάνη[2], Τρύφωνας Σιβένας[2], Αθηνά Καρατζά[2], Αναστασία Γεωργίου[2]**
gkonst@primedu.uoa.gr, ligalani@primedu.uoa.gr, sivenastrif@primedu.uoa.gr, athinakar@primedu.uoa.gr, anastasg@primedu.uoa.gr
[1]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών/Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης
[2]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα μιας πιλοτικής έρευνας που σκοπό έχει τον σχεδιασμό και υλοποίηση ενός διδακτικού σεναρίου STEM που ενσωματώνει τεχνολογίες Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality-AR) και ειδικότερα τη συσκευή AR-Sandbox, καθώς και την αξιολόγηση του σεναρίου από 15 φοιτητές/φιοτήτριες του Τμήματος Εκπαιδευτικών Πολιτικών Μηχανικών της Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε. Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκε μια τρίωρη διδακτική παρέμβαση με δραστηριότητες STEM, η οποία υλοποιήθηκε με τη χρήση δύο συσκευών AR-Sandbox. Ως ερευνητικό εργαλείο αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκαν οι τρεις υποκλίμακες του ερευνητικού εργαλείου Intrinsic Motivation Inventory (IMI), Interest/Enjoyment, Effort/Importance και Value/Usefulness. Τα αποτελέσματα της έρευνας είναι θετικά και για τις τρεις υποκλίμακες που χρησιμοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα καταγράφηκε *Μ.Τ.* 6,45 για την υποκλιμακα Interest/Enjoyment, *Μ.Τ.* 4,92 για την Effort/Importance και *Μ.Τ.* 6,30 για την Value/Usefulness.

**Λέξεις κλειδιά:** AR-SANDBOX, IME, STEM

## Εισαγωγή

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality-AR) έχει εφαρμοστεί σε διάφορα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και για μεγάλη ποικιλία εκπαιδευτικών στόχων, μεταξύ των οποίων εξέχουσα θέση κατέχει η εκπαίδευση STEM (Psycharis et al., 2023). Η αύξηση του αριθμού δημοσιεύσεων για τη χρήση της Επαυξημένης Πραγματικότητας σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα τονίζει την προστιθέμενη αξία της σε καινοτόμες παιδαγωγικές εφαρμογές (Garzón & Acevedo, 2019). Η χρησιμότητα της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην εκπαίδευση STEM έχει τεκμηριωθεί σε αρκετές περιπτώσεις, τόσο σε επίσημα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (στα οποία έχουν πραγματοποιηθεί οι περισσότερες μελέτες), καθώς και σε εξωσχολικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (Salmi et al., 2017). Μπορεί να αποσκοπεί στην ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών/τριών (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018) καθώς και της επίλυσης προβλημάτων (Fidan & Tuncel, 2019). Η AR μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο εργαστήριο ή στην τάξη, καθώς και από κάθε μαθητή/τρια ξεχωριστά ή σε συνεργατικές διαδικασίες μάθησης (Fonseca, et al., 2014· Wang et al., 2014). Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας AR στην εκπαίδευση STEM προσφέρει σημαντικές δυνατότητες για την ενίσχυση των μαθησιακών εμπειριών των εκπαιδευόμενων, μέσω της σύνδεσης θεωρητικών γνώσεων με εφαρμογές σε πραγματικά περιβάλλοντα.

Το AR-Sandbox αποτελεί μια κατασκευή που συνδυάζει ένα φυσικό κουτί με πραγματική άμμο και έναν ψηφιακά προβαλλόμενο τοπογραφικό χάρτη στην επιφάνεια της άμμου με τη βοήθεια ενός αισθητήρα και ενός προβολέα. Η ψηφιακή προβολή προσαρμόζεται σε πραγματικό χρόνο, καθώς ο χρήστης τροποποιεί την επιφάνεια της άμμου, επιτρέποντας μια

αλληλεπίδραση μεταξύ της φυσικής και της ψηφιακής προβολής του ανάγλυφου. Το AR-Sandbox διαθέτει τη δυνατότητα προβολής χρωμάτων, ισοϋψών καμπυλών και προσομοίωσης της βροχής. Βασίζεται σε λογισμικό ελεύθερης πρόσβασης με αναλυτικές οδηγίες κατασκευής, εγκατάστασης και λειτουργίας από το UC Davis' W.M. Keck Center for Active Visualization in the Earth Sciences (KeckCAVES).

## Μεθοδολογία

Σκοπός της έρευνας ήταν ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός διδακτικού σεναρίου STEM που θα ενσωμάτωνε τεχνολογίες AR και ειδικότερα τη συσκευή AR-Sandbox, καθώς και την αξιολόγηση του σεναρίου από φοιτητές/φοιτήτριες του Τμήματος Εκπαιδευτικών Πολιτικών Μηχανικών της Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε. Για την υλοποίηση του διδακτικού σεναρίου κατασκευάστηκαν δύο AR-Sandboxes. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 15 φοιτητές/τριες (8 γυναίκες και 7 άντρες) του Τμήματος Εκπαιδευτικών Πολιτικών Μηχανικών της Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε.. Το ερευνητικό ερώτημα που διατυπώθηκε ήταν το ακόλουθο: Ποια είναι η εμπειρία των συμμετεχόντων/ουσών από το εκπαιδευτικό σενάριο STEM σύμφωνα με τις υποκλίμακες Interest/Enjoyment, Effort/Importance και Value/Usefulness, του ερευνητικού εργαλείου Intrinsic Motivation Inventory (IMI),.

Η έρευνα υλοποιήθηκε κατά το εαρινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2023/2024. Συμμετείχαν συνολικά 15 φοιτητές/τριες του 3ου έτους του Τμήματος Εκπαιδευτικών Πολιτικών Μηχανικών της Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε., στο πλαίσιο του εργαστηριακού μαθήματος "Εφαρμοσμένη Γεωπληροφορική". Η διδακτική παρέμβαση STEM υλοποιήθηκε σε ένα εργαστηριακό μάθημα, χρονικής διάρκειας τριών (3) ωρών.

Το διδακτικό σενάριο σχεδιάστηκε να περιλαμβάνει τρεις δραστηριότητες οι οποίες συνδυάζουν και τα τέσσερα γνωστικά αντικείμενα του STEM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά) και προσομοιάζουν σε πραγματικά προβλήματα που ενδέχεται να αντιμετωπίσει κάποιος μηχανικός. Απαιτούσε τη δημιουργία φυσικών μοντέλων εδάφους υπό κλίμακα ή χωρίς και προσομοίωση του φαινομένου της πλημμύρας με χρήση τεχνολογιών Επαυξημένης Πραγματικότητας της συσκευής AR-Sandbox.

Συγκεκριμένα, η διδακτική παρέμβαση οργανώθηκε, αρχικά, σε δυο πειραματικές δραστηριότητες, βασισμένες στην καθοδηγούμενη διερευνητική μάθηση (Guided Inquiry-based learning). Στη συνέχεια ακολούθησε ένα πρόβλημα ανοικτού τύπου, βασισμένο στη μάθηση μέσω σχεδιασμού (Design-based learning) για την επίλυση του οποίου ανατέθηκε στην ομάδα η ευθύνη της κατασκευής ενός φυσικού μοντέλου, η ανάλυση ενός προβλήματος και η εφαρμογή της λύσης σε ένα ζήτημα μηχανικής. Οι φοιτητές/φοιτήτριες χωρισμένοι/ες σε δύο ομάδες εργασίας, εκτέλεσαν τις τρεις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας που τους δόθηκε, στις δύο συσκευές AR-Sandbox που είχαν εγκατασταθεί σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο. Η εργασία ήταν ομαδική με τον/την ερευνητή/ερευνήτρια σε ρόλο εποπτικό, οργανωτικό και βοηθητικό. Αρχικά οι συμμετέχοντες/ουσες εκτέλεσαν τη δραστηριότητα 1 που αφορά τη δημιουργία φυσικών μοντέλων στο AR-Sandbox και τη διερεύνηση ερωτημάτων σχετικά με το ανάγλυφο και την τοπογραφία. Στη συνέχεια ολοκλήρωσαν τη δραστηριότητα 2 που αφορά τη δημιουργία φυσικών μοντέλων στο AR-SANDBOX και τη διερεύνηση ερωτημάτων σχετικά με τη ροή του νερού και το φαινόμενο της πλημμύρας. Τέλος, ολοκλήρωσαν με τη δραστηριότητα 3 που αφορά την επίλυση ενός ανοιχτού πραγματικού προβλήματος που στην περίπτωσή μας ήταν η αντιπλημμυρική θωράκιση μιας περιοχής με αντιπλημμυρικά έργα προκειμένου να προστατευθεί από μια αιφνίδια πλημμύρα. Στους/Στις φοιτητές/φοιτήτριες δόθηκε, επίσης, ένας τοπογραφικός χάρτης υπό κλίμακα βάσει του οποίου δημιούργησαν το φυσικό μοντέλο της περιοχής στο AR-Sandbox

για να χωροθετήσουν τον οικισμό. Με βάση το φυσικό μοντέλο, έκαναν υποθέσεις, προσομοιώσεις και μετρήσεις επιλύοντας το πρόβλημα που τους είχε ανατεθεί, σημειώνοντας τις απαντήσεις τους στο φύλλο εργασίας. Ως βοηθητικά υλικά, για την εκτέλεση της τελευταίας δραστηριότητας, δόθηκαν εκτυπωμένα σε 3d-printer, κτίρια, φράγματα, δέντρα και άλλα αντικείμενα. Μετά την ολοκλήρωση του εργαστηριακού μαθήματος οι φοιτητές/φοιτήτριες συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο της έρευνας.

Ως ερευνητικό εργαλείο χρησιμοποιήθηκαν οι τρεις υποκλίμακες του Intrinsic Motivation Inventory (IMI), (Interest/Enjoyment), (Effort/Importance) και (Value/Usefulness). Το IMI αναπτύχθηκε από το Rochester Motivation Research Group (Ryan, 1982, 1983) και είναι ένα πολυδιάστατο ερευνητικό εργαλείο μέτρησης που προορίζεται για την αξιολόγηση της υποκειμενικής εμπειρίας των συμμετεχόντων/ουσών σε σχέση με μια δραστηριότητα σε εργαστηριακά πειράματα. Το ερευνητικό εργαλείο αξιολογεί μέχρι και έξι υποκλίμακες με ερωτήματα σε μια 7βάθμια κλίμακα Likert (1: Καθόλου αληθές, 4: Λίγο αληθές, 7: Πολύ αληθές). Το ερωτηματολόγιο μεταφράστηκε και ελέγχθηκε για την απόδοσή του στην ελληνική γλώσσα από δυο φυσικούς ομιλητές της αγγλικής γλώσσας.

## Αποτελέσματα

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων έγινε αποδελτίωση των ερωτηματολογίων, εισαγωγή και επεξεργασία των δεδομένων στο Excel.

| Υποκλιμακα (M.T.) | | Ερωτημα | Score (1-7) |
|---|---|---|---|
| Interest/enjoyment 6,45 | 1 | Μου άρεσε πάρα πολύ να κάνω αυτή τη δραστηριότητα | 6,40 |
| | 2 | Αυτή η δραστηριότητα ήταν διασκεδαστική. | 6,67 |
| | 3 | Νόμιζω ότι αυτή ήταν μια βαρετή δραστηριότητα.(R) | 6,27 |
| | 4 | Αυτή η δραστηριότητα δεν τράβηξε καθόλου την προσοχή μου.(R) | 6,53 |
| | 5 | Θα περιέγραφα αυτή τη δραστηριότητα ως πολύ ενδιαφέρουσα. | 6,60 |
| | 6 | Νόμιζω ότι αυτή η δραστηριότητα ήταν πολύ ευχάριστη. | 6,73 |
| | 7 | Όσο έκανα αυτή τη δραστηριότητα, σκεφτόμουν πόσο μου άρεσε. | 5,93 |
| Effort/importance 4,92 | 8 | Έκανα μεγάλη προσπάθεια σε αυτή την δραστηριότητα. | 2,60 |
| | 9 | Δεν προσπάθησα πολύ σκληρά για να τα πάω καλά σε αυτή τη δραστηριότητα.(R) | 3,47 |
| | 10 | Προσπάθησα πολύ σκληρά σε αυτή τη δραστηριότητα. | 2,73 |
| | 11 | Ήταν σημαντικό για μένα να τα πάω καλά σεαυτή τη δραστηριότητα. | 5,13 |
| | 12 | Δεν κατεβάλλα αρκετή προσπάθεια σε αυτή τη δραστηριότητα.(R) | 4,20 |
| Value/usefulness 6,30 | 13 | Πιστεύω ότι αυτή η δραστηριότητα θα μπορούσε να έχει κάποια αξία για μένα. | 5,93 |
| | 14 | Νομίζω ότι η εκτέλεση αυτής της δραστηριότητας είναι χρήσιμη για την κατανόηση της τοπογραφίας και του φαινομένου της πλημμύρας | 6,67 |
| | 15 | Θα ήμουν πρόθυμος να το κάνω ξανά γιατί έχει κάποια αξία για μένα. | 6,47 |
| | 16 | Πιστεύω ότι η άσκηση αυτής της δραστηριότητας θα μπορούσε να είναι επωφελής για μένα. | 6,13 |
| | 17 | Νομίζω ότι αυτή είναι μια σημαντική δραστηριότητα. | 6,13 |
| | 18 | Νομίζω ότι κάνοντας αυτή τη δραστηριότητα θα μπορούσε να με βοηθήσει να καταλάβω το σκεπτικό μιας περιοχής, και το φαινόμενο της πλημμύρας | 6,47 |

**Σχήμα 1. Ερωτήματα, M.T και score των τριών υποκλιμάκων του IMI.**

Για τον υπολογισμό του συνολικού αποτελέσματος ακολουθήθηκαν οι οδηγίες που αναφέρει ο σχεδιαστής του IME. Το σχήμα 1 παρουσιάζει τα ερωτήματα και τα αποτελέσματα των τριών υποκλιμάκων του IMI. Η τιμή του Cronbach's *a* που υπολογίστηκε (0,84) είναι αρκετή για να εξασφαλίσει την αξιοπιστία του ερωτηματολογίου. Τιμές Cronbach's *a* πάνω από 0,7 είναι επαρκείς για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας.

## Συμπεράσματα

Η ανάλυση των δεδομένων της παρούσας έρευνας δείχνει ότι οι φοιτητές/φοιτήτριες του δείγματος θεώρησαν τη δραστηριότητα STEM με την συσκευή AR-Sandbox, ως ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα και διασκεδαστική με *M.T.* 6,45, εκφράζοντας παράλληλα την άποψη ότι αποτελεί μια δραστηριότητα με υψηλή αξία και χρησιμότητα (*M.T.* 6,30). Ως προς την

προσπάθεια που καταβάλανε οι φοιτητές/φοιτήτριες, φάνηκε να μην θεωρούν ιδιαίτερα δύσκολη τη δραστηριότητα (ερωτήματα 8, 9, 10, 12) και να πιστεύουν ότι είναι αρκετά σημαντική (ερώτημα 11).

Δεδομένου του περιορισμού της παρούσας έρευνας ως προς το δείγμα και την αδυναμία γενίκευσης του αποτελέσματος, κρίνεται ως αναγκαία η διεξαγωγή έρευνας μεγαλύτερης κλίμακας, με σκοπό την αξιολόγηση του διδακτικού σεναρίου STEM από τους/τις συμμετέχοντες/ουσες, ενισχύοντας έτσι την ενσωμάτωση δραστηριοτήτων STEM με τη συσκευή AR-Sandbox στην εκπαίδευση. Επιπλέον, η έρευνα θέτει έναν ακόμη προβληματισμό για την περαιτέρω διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της διδακτικής παρέμβασης STEM με το AR-Sandbox στην ανάπτυξη χωρικών δεξιοτήτων και στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών που άπτονται του ανάγλυφου και της τοπογραφίας, σε σύγκριση με παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις.

## Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στον Ειδικό Λογαριασμό της Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε. για τη χρηματοδότηση της παρουσίασης της παρούσας εργασίας μέσω του Προγράμματος "Ενίσχυση της Έρευνας στην Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε."

## Αναφορές

Fidan, M., & Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers & Education*, *142*, 103635. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635

Fonseca, D., Martí, N., Redondo, E., Navarro, I., & Sánchez, A. (2014). Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models. *Computers in Human Behavior*, *31*, 434-445. https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.03.006

Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, *27*, 244-260. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001

Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, *123*, 109-123. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002

Psycharis, S., Sdravopoulou, K., & Botsari, E. (2023). Augmented Reality in STEM Education: Mapping Out the Future. In D. Guralnick, M. E. Auer, & A. Poce (Eds.), *Creative approaches to technology-enhanced learning for the workplace and higher education: TLIC 2023* (pp. 654-664). Springer.

Ryan, R. M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, *43*(3), 450-461.

Ryan, R. M., Mims, V., & Koestner, R. (1983). Relation of reward contingency and interpersonal context to intrinsic motivation: A review and test using cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, *45*(4), 736-750. https://doi.org/10.1037/0022-3514.45.4.736

Salmi, H., Thuneberg, H., & Vainikainen, M. P. (2017). Making the invisible observable by Augmented Reality in informal science education context. *International Journal of Science Education, Part B*, *7*(3), 253-268. https://doi.org/10.1080/21548455.2017.1300327

Wang, H. Y., Duh, H. B. L., Li, N., Lin, T. J., & Tsai, C. C. (2014). An investigation of university students' collaborative inquiry learning behaviors in an augmented reality simulation and a traditional simulation. *Journal of Science Education and Technology*, *23*(6), 682-691.